

## 【資 料】

## ハイヒールの歩容に関する三次元的解析

布施谷節子・柴田優子

## Three Dimensional Analysis on Walking with High-heeled Shoes

Setsuko FUSEYA and Yuko SHIBATA

## 要旨

ハイヒールの歩容の特徴を、裸足歩行との比較において明らかにすることを目的に、ハイヒール歩行に関する質問紙調査と2台のビデオカメラの撮影による歩行の三次元動作実験を行った。質問紙調査の対象者は本学女子学生176人、歩行動作実験の被験者は本学女子学生および女性職員45人で、調査及び実験は2008年7月～9月に行った。主な結果は以下のとおりである。

質問紙調査から、女子大学生は「膝を曲げて歩かない」、「背筋を伸ばす」、「真っ直ぐに歩く」などが美しい歩容だと意識していた。また、安全性や足の障害も問題視していた。

ハイヒール歩行では離床と同時に膝を上げ、足部を外に蹴り出すことなく、ほぼそのまま着地するということがわかった。ハイヒール歩行では裸足歩行のようないわゆるあおり歩行ができていないといえる。ハイヒール歩行の一步は歩幅が狭く所要時間がやや長い傾向であった。ハイヒール歩行は裸足歩行より膝を高く上げているものの、踵を後に蹴り上げずに、靴を床面とほぼ平行に置きに行くような歩行をしていることがわかった。膝の動きを経時変化でみると、ハイヒール歩行では最高点に達するまでに膝を早く高く上げ、最高点以降は早く接地しており、接地による片足の支持時間が長いといえる。また、膝の軌跡のパターンは、ハイヒール歩行は裸足歩行に比べて画一的な傾向であった。各マークを結んでできる空間角度でみると、裸足歩行とハイヒール歩行の違いは腰と膝の曲がり具合に表れるということがわかった。

キーワード：ハイヒール(high-heeled shoes)、裸足(bare feet)、歩容(walking)、ビデオカメラ(video camera)、三次元動作解析(three dimensional analysis)

## 1. はじめに

若い女性は、今も昔も大人の女性への憧れと、身長を高く、脚をきれいに見せたいという欲求や、衣服とのコーディネートの兼ね合いでハイヒールを履いてきた。しかしながら、美しい歩容はなかなか見受けられない。また、ハイヒールは履き続けることで、外反母趾やタコ・マメなどの足への健康障害の問題も出てきている<sup>1, 2)</sup>。石井は厚底靴の危険性について若い女性の意識と現状を明らかにしている<sup>3)</sup>。土肥らによる靴の意識や履き心地を若年女子と高齢者で比較し、脚の形態特性に着目して問題点を明らかにする研究<sup>4)</sup>なども見られる。姿勢に関する先行研究では、川端らによる補助具の使用によるミュール歩行の改善の効果を見る研究や<sup>5)</sup>、塩田らによる女子大学生の正しい姿勢に関する意識と実際の姿勢に関する研究<sup>6)</sup>

などがある。このように、靴と歩行やそれに伴う問題を取り上げた先行研究は多く見受けられる。靴歩行を三次元で捉える研究は、野澤がストラップの有無しが歩行に与える影響について<sup>7)</sup>、加来がパンプスの甲の深浅が歩行に与える影響について<sup>8)</sup> 三次元動作解析を試みている。川端は、ハイヒールについて階段歩行を二次元で捉える研究を行っているが<sup>9)</sup>、三次元でハイヒール歩行を捉えた研究は少ない。そこで、今回は、ハイヒール歩行の不都合な点や問題点などについて、女子大学生の意識調査で明らかにするとともに、ハイヒール歩行を映像で捉えて三次元解析することによって、裸足歩行と比較してハイヒール歩行の特徴を明らかにすることを目的とした。

## 2. 研究方法

1) 質問紙調査： 本学の学生のハイヒールに関する質問紙調査は、ハイヒールの着用実態、ハイヒールへの関心、着用時の問題点など31項目である。調査対象者は本学の女子学生1年～4年生の176名で、平成20年7月に集団調査法によって行った。

2) 対象者と実験用のハイヒール： 歩行実験のための被験者は、本学の20歳代の女子学生および女性職員合計45名である。実験の時期は平成20年8月～9月である。実験に用いたハイヒールはヒール高8cmのピンヒールで、つま先はポインテッドトゥであり(図1)、サイズはS・M・L・LLの4種類を用意した。被験者が試着し、室内での数分間の歩行により足に合うサイズを被験者が選択した。表1に被験者の身体計測値や普段履く靴のサイズの平均値・標準偏差を示した。今回の被験者は全国値<sup>10)</sup>に比べて足幅がやや狭いものの、他の項目では有意差は見られなかった。実験で選択したハイヒールのサイズはSが16人(35.6%)、Mが12人(26.6%)、Lが8人(17.8%)、LLが9人(20.0%)であった。なお、本実験では被験者に対して、身体に医学的な負荷をかけるものではないことを説明し、被験者になることを承諾してもらった。

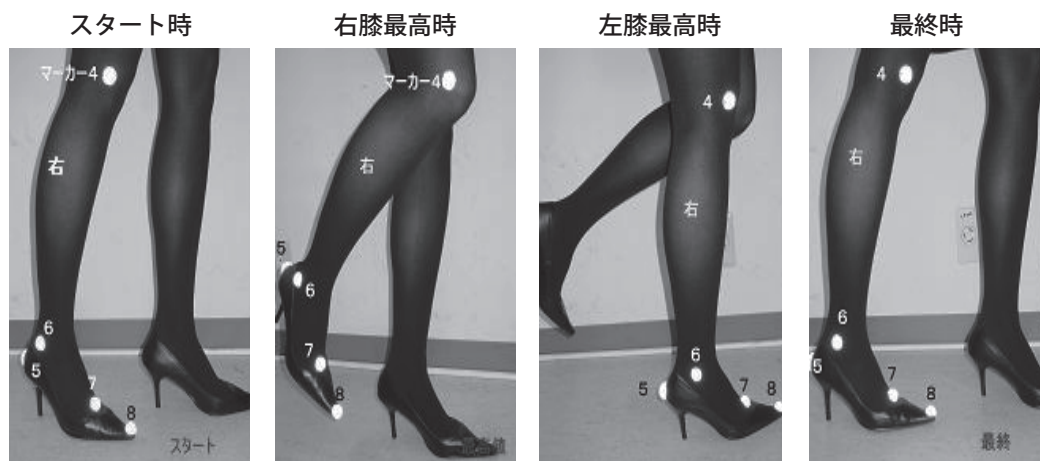


図1 一歩の一連動作

表1 被験者の身体計測値と全国値の比較

(cm)

	身長		足長		足幅		足囲	
	平均	標準偏差	平均	標準偏差	平均	標準偏差	平均	標準偏差
今回値	157.6	4.9	22.4	0.9	8.9	0.5	22.2	1.1
検定	n.s.		n.s.		*		n.s.	
全国値	158.2	5.4	22.7	1.1	9.1	0.6	22.5	1.1

\* 5%水準で有意差あり

3) 歩行実験の手順： ハイヒールは裸足で着用し、被験者はスパッツまたは膝が見えるパンツを着用した。赤外線反射マーカを裸足の場合には、体の右側の耳珠点(M1)、肩峰点(M2)、転子点(M3)、右体側線上で膝蓋骨側面点(M4)、踵点(M5)、外果点(M6)、甲の中央(M7)、足先点(M8)につけた。ハイヒール着用の場合で、裸足と異なる点は、踵点と足先点であり、この2点は該当する靴の位置につけた。

2台のビデオカメラ間の距離は3.4m、実験室での歩行は2台のカメラを結ぶ線分に平行な10mの直線距離を3回往復し、2台のビデオカメラから見て右体側のマーカを捉えることができる右から左への歩行の映像を解析資料とした。カメラから被験者までの距離は4～5mである。カメラにはレンズに可視光カットフィルターをつけ、ナイトショット（赤外線撮影）モードで撮影した。

4) 歩行実験の解析方法： 図1にハイヒールの一步分について示した。今回の画像解析のための一步は、右足が離床する瞬間のフレームから次に右脚が着地し次の一步のために右足が離床する瞬間のフレームまでとした。10m歩行のうちで、2台のカメラで各計測マーカの一步分を確実に捕らえられる範囲は狭く、3回の繰り返し歩行の中で全てのマーカを明瞭に捉えることができた一步分を取り出して解析データとした。一步のスタート時を基準として、膝が最高点に達した時点と次の離床時（最終点）までについて、前後左右上下の変化量として、各マークのXYZ座標値からスタート時の座標値の差を算出した。XYZ座標の意味するところは、図2に座標値の意味する方向と被験者の上体、腰、膝、足首の空間角度を示した。X座標では被験者が歩行する際の左右のぶれ（+は右方向、-は左方向）、Y座標は歩行者の前後の方向（+は進行方向、-は後方）、Z座標は歩行者の上下（+は上、-は下）の動きを表す。解析はヒューテック社のMpro3Dによった。

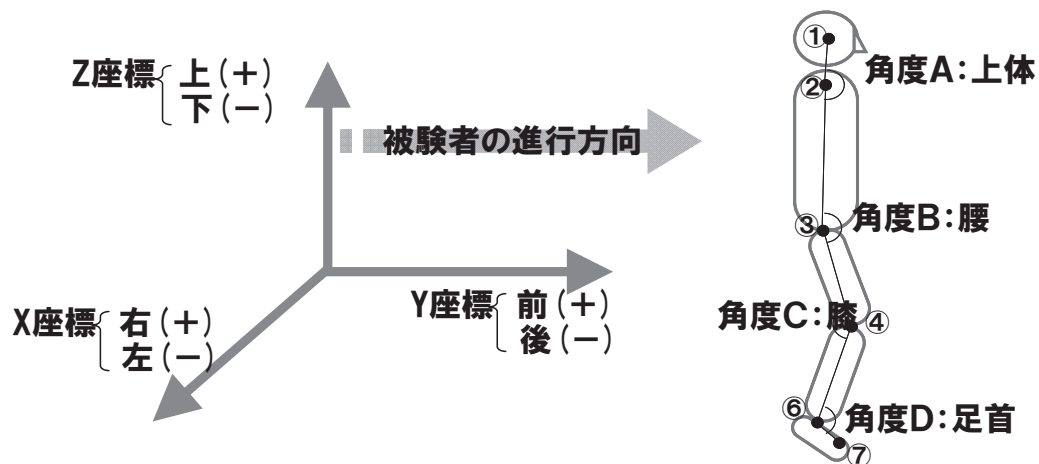


図2 X, Y, Z各座標値の表す方向と体の角度

### 3. 結果ならびに考察

#### (1) ハイヒールに関する意識調査

ハイヒールに関する質問紙調査では、普段ハイヒールを履く人が176人中65人（36.9%）、履かない人が111人（63.1%）であった。日常的に履く人は約3分の1強であった。

図3は、ハイヒールを履いた場合の気分（複数回答）について、普段履く人と履かない人に群別し解析した結果である。普段履く人も履かない人もどちらも「気分が引き締まる」が40%前後を示した。その他の項目では、履く人は「普段と変わらない」、「格好良くなった気分」、「いい女になった気分」が履かない人と比べて高い値を示し、両者の間でカイ二乗検定により1%水準で有意差が認められた。ハイヒール

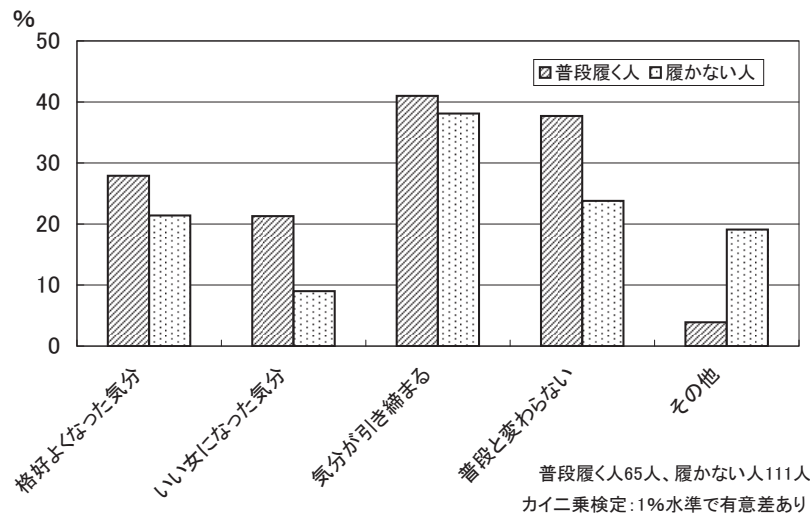


図3 ハイヒール着用時の気分(複数回答)

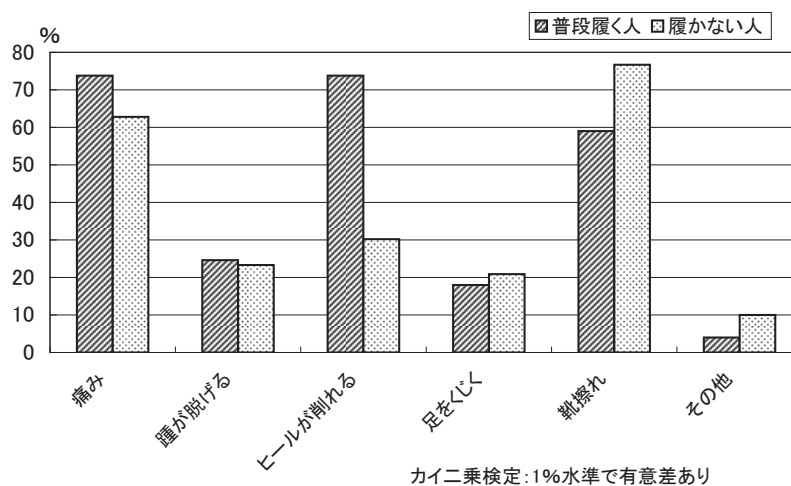


図4 ハイヒール着用時に困ること

を履く効果は、普段履いている人がより強く感じていた。

図4は「ハイヒールを履いているときに困ること」についての結果である。普段履く人も履かない人も、足の「痛み」や「靴擦れ」は多くの人が回答した。また、回答率はやや低いものの、両者ともに、「踵が脱げる」、「足をくじく」なども困ったこととして挙げた。普段履く人は履く回数が多いだけに「ヒールが削れる」ことを困ったこととして大きく取り上げていた。

図5は、「普段履いている人が気をつけること」について示した。「溝にはまらない」ように気をつけている人が最も多かった。その他には「転ばないように」、「階段で足元に気をつける」のように安全に留意して、さらに、「膝を曲げて歩かない」、「背筋を伸ばす」、「真っ直ぐに歩く」など美しい歩容を意識した回答がみられた。

図6は、「ハイヒールを履いて美しい歩容ではないと思うこと」についての全員の解答結果である。「膝が曲がっている」、「猫背になっている」、「体が左右に揺れる」などの姿勢の問題と、「ヒールが磨り減っている」、「踵が脱げる」などの靴の問題と、「服と合っていない」というトータルコーディネートの問題

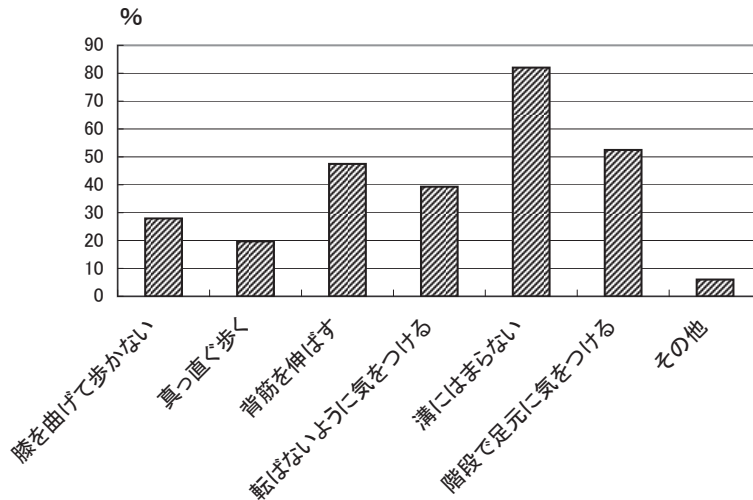


図5 ハイヒール着用時に気をつけること（普段履く人 65 人、複数回答）

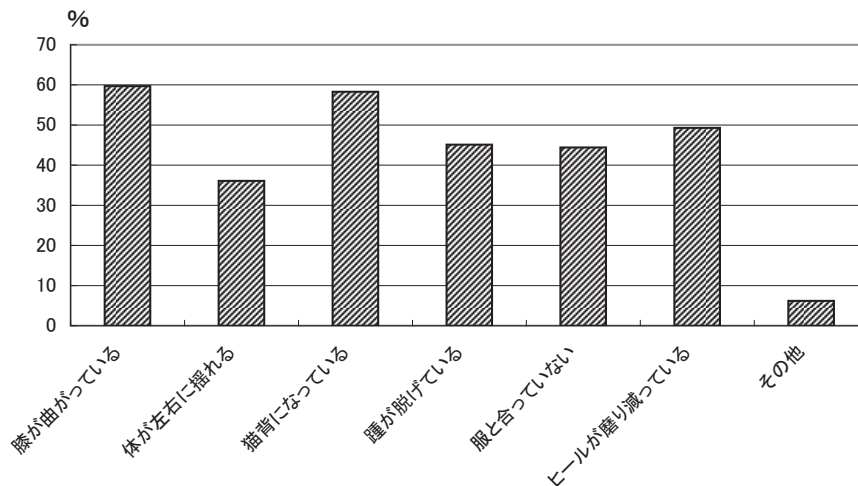


図6 ハイヒールを履いた姿で美しいと思うこと（全員回答、複数回答）

が挙げられた

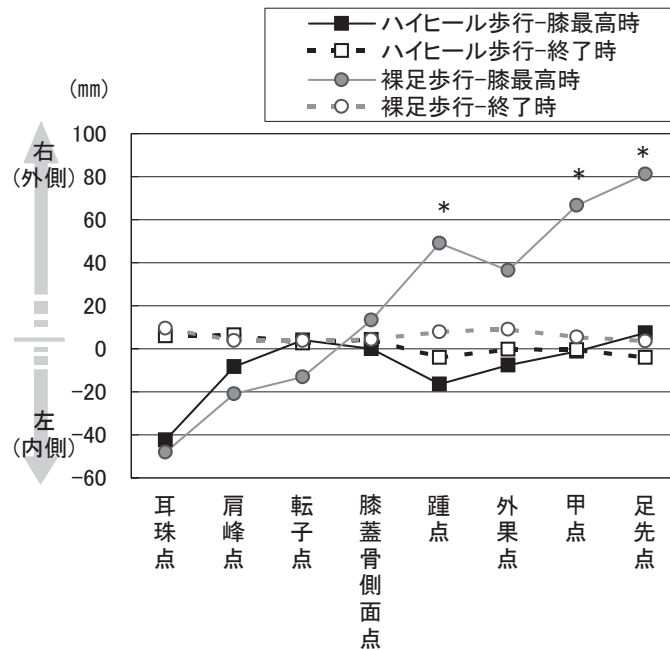
「踵が脱げる」については、ハイヒールのサイズ選びで、JISの適合サイズよりも多くの人がやや大きめのサイズを選ぶ傾向にあることが挙げられる。つま先がとがった靴では足幅が広い人は靴幅に合わせて選択するために大き目のサイズを選ぶことになる。また、ヒールが高いとつま先が靴の中でのめり込み、その結果として踵部に隙間ができ脱げやすくなるということになる。足裏の縦のアーチをしっかりと支える靴の構造に留意して、慎重な試着とサイズ選びが必要である。販売店での適切なアドバイスが望まれる。

## (2) 歩行の三次元動作分析

### 1) 左右方向（X座標）でみるハイヒール歩行と裸足歩行の相違

図7に各マーカーのスタートからのX座標値の変化量の平均値を示した。最高点とは、一步の中で、膝蓋骨側面点（M4）が最も高く上がった点、すなわちZ座標値が最高値を示した点を捉えたフレームである。また、最終点とは一步の最後のフレームである。最終点は、全てのマーカーでスタートに近い座標値でハイヒール歩行と裸足歩行の間に有意差は認められず、ほぼ同じ姿勢が保たれていた。最高点では、ハイヒール歩行でも裸足歩行でも、耳珠点(M1)、肩峰点(M2)がマイナス方向すなわち左側（体の中心寄り）への





\*: 膝最高時のハイヒール歩行と裸足歩行での差のt検定結果  $p < 0.05$

図7 左右方向 (X座標) の変化量

変化がみられたが、踵点(M5)、外果点(M6)、甲の中央(M7)、足先点(M8)については、裸足歩行ではプラス方向すなわち右側(体の外側寄り)への大きな変化がみられたが、ハイヒール歩行ではこれらのマーカーは大きな変化はみられなかった。

これらの結果は、スタートから右膝が最高点に達するまでに、頭部と上半身は左側に振れ、足部全体は、裸足歩行では右側に振れて外に蹴り出すのに対して、ハイヒール歩行ではスタートと同時に足部を外に蹴り出すことなく、ほぼぶれずに膝を上げていることを表している。すなわち、ハイヒール歩行では裸足歩行のような、踵から着地し、足の外側から内側に接地点を移動し、第1指の付け根から蹴り出すといういわゆるあおり歩行ができていないことを示していると考えられた。

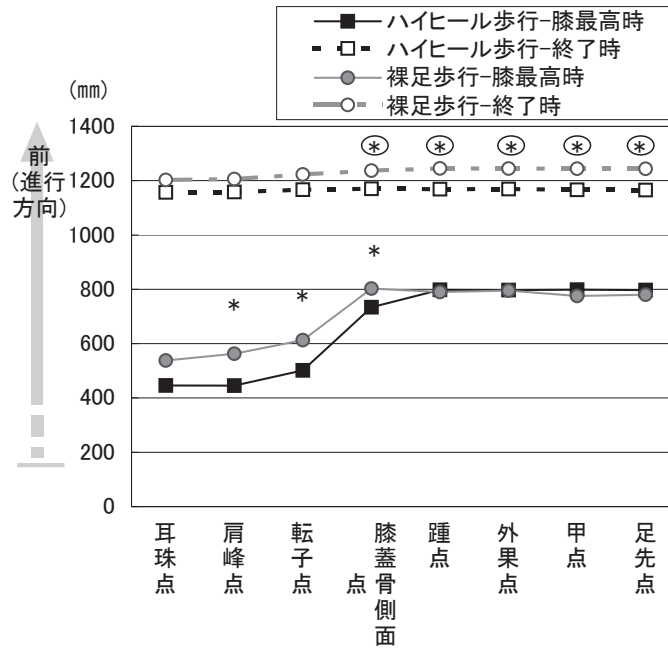
## 2) 前後方向 (Y座標) でみるハイヒール歩行と裸足歩行の相違

図8に各マーカーのスタートからの前後方向 (Y座標値) の変化量の平均値を示した。進行方向 (前方) に進んでいるので、最終点の数値は一步分の進行距離を示す。ハイヒール歩行と裸足歩行を一步の様子で比較すると、膝と踵を含む足部は裸足歩行の方が有意に大きな変化量を示し、ハイヒール歩行では歩幅が明らかに狭かった。踵点(M5)の結果では、裸足歩行の歩幅はハイヒール歩行に比較して平均で7.7cm広がった。

最高点で耳珠点(M1)、肩峰点(M2)、転子点(M3)の値が他のマーカーよりも小さい値を示しているのは、膝が最高点に達したときには上体は膝より後方にあることを示している。さらに、踵点を含む足部のマーカーに差が見られないのに対して、その他の点のハイヒールの値が有意に小さく後方にあるということは、ハイヒールを履いている足部だけを前に進めるような最高点の状態を表していると考えられる。

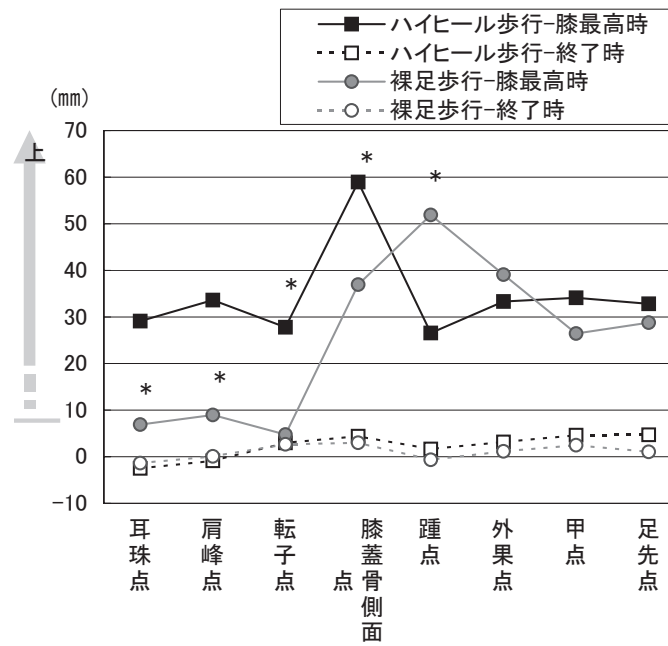
## 3) 上下方向 (Z座標) でみるハイヒール歩行と裸足歩行の相違

図9に各マーカーのスタートからの上下方向 (Z座標値) の変化量の平均値を示した。最終点でみると、いずれのマーカーも、ハイヒール歩行と裸足歩行でほとんど差はみられなかった。最高点でみると、耳珠点(M1)、肩峰点(M2)、転子点(M3)での変化量は、裸足歩行では10mm以下であったが、ハイヒール歩行



\* : 膝最高時のハイヒール歩行と裸足歩行での差のt検定結果  $p < 0.05$   
 ⊙ : 終了時のハイヒール歩行と裸足歩行での差のt検定結果  $p < 0.05$

図8 前後方向 (Y 座標) の変化量



\*: 膝最高時のハイヒール歩行と裸足歩行での差のt検定結果  $p < 0.05$

図9 上下方向 (Z 座標) の変化量

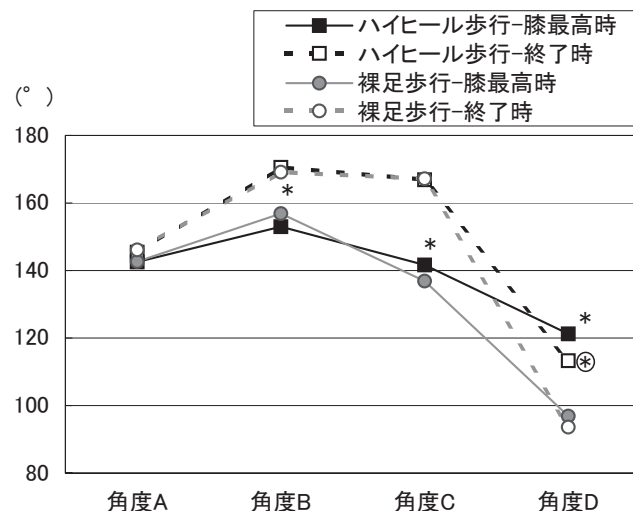
では30mm前後であった。膝蓋骨側面点(M4)は裸足歩行が約40mm、ハイヒール歩行が約60mm上がっていた。

この結果は、ハイヒール歩行では膝を高く上げ、それにつれて上体も上がっていることを示している。また、裸足歩行では踵点(M5)が高く、外果点(M6)、甲の中央(M7)、足先点(M8)が下降していることから、踵を高く蹴り上げ、つま先を下に向けていることを示している。ハイヒール歩行では膝蓋骨側面点(M4)

が最も高く上がり、踵点(M5)、外果点(M6)、甲の中央(M7)、足先点(M8)は若干上昇していることから、つま先をやや上向きにしていると考えられる。従って、ハイヒール歩行では踵を後に蹴り上げずに、靴を床面とほぼ平行に置きに行くような歩容であると思われる。

#### 4) 空間角度でみるハイヒール歩行と裸足歩行の相違

図10に最高点と最終点における体の空間角度を示した。身体各部のなす角度については図2に示した。角度Aは、肩峰点を頂点として耳珠点(M1)と転子点(M3)とがなす空間角度である。耳珠点(M1)は肩峰点(M2)よりも体の中心寄りであるために $140^{\circ} \sim 150^{\circ}$ 以内に保たれ、最高点、最終点で、ハイヒール歩行も裸足歩行もほとんど差が見られなかった。従って、うつむいたり顔を上げたりすることなく、ほぼ真っ直ぐに前方を向いて歩行しているのではないかと考える。角度Bは、転子点(M3)を頂点として、肩峰点(M2)と膝蓋骨側面点(M4)とがなす空間角度である。裸足歩行でもハイヒール歩行でも、最終点で最も角度が大きく $170^{\circ}$ 前後となる。腰を伸ばして背筋がほぼ真っ直ぐに伸びている状態であった。それに対して最高点では、ハイヒール歩行、裸足歩行ともに腰をやや曲げていた。裸足歩行に比較して、ハイヒール歩行では有意に深く曲がっていた。角度Cは膝蓋骨側面点(M4)を頂点として転子点(M3)と外果点(M6)のなす空間角度である。最終点ではハイヒール歩行も裸足歩行も離床のために膝がわずかに曲がっただけであるのに対して、最高点では、裸足歩行はハイヒール歩行に比較して少しではあるが有意に膝の曲げ方が大きかった。角度Dは、外果点(M6)を頂点として膝蓋骨側面点(M4)と足の甲の中央点(M7)のなす空間角度である。最終点でも最高点でもハイヒール歩行は裸足歩行に比較して有意に大きな角度を示し、足首を曲げていなかった。ヒールが高い分だけつま先立った格好であり足首の角度は大きくならざるをえない。空間角度という観点で総合的にみると、裸足歩行とハイヒール歩行の違いは腰と膝の曲がり具合に表れるといえる。



\*: 膝最高時のハイヒール歩行と裸足歩行での差のt検定結果  $p < 0.05$   
 ⊙: 終了時のハイヒール歩行と裸足歩行での差のt検定結果  $p < 0.05$

図 10 空間角度



## 5) 歩行の経時変化

表2に、ハイヒール歩行と裸足歩行のスタートから最高点までと、スタートから最終点までの所要時間を示した。ハイヒール歩行と裸足歩行ではいずれのフレームでも所要時間に有意差は認められなかったものの、裸足歩行に比較して、ハイヒール歩行ではスタートから最高点までの所要時間がやや短く、スタートから最高点を経て最終点に至るまでの所要時間はやや長い傾向であった。しかしながら、スタートから最終点までの各マーカーのXYZ方向の時間経過に伴う変化量についての詳細はわからない。そこで、図11に膝蓋骨側面点（M4）の上下の動き（Z座標値）の変化量について、21名の個別の様相を示した。この図でマイナスの値がみられるのは、離床の瞬間をスタートとしているので、最高点までのマイナスは、踵を上げつま先で支持しながら体を前傾することに伴って、一旦膝の位置が低くなることを示している。最高点以降の右足の支持期間でのマイナスの値は、膝が曲がっていることを示していると考えられる。裸足歩行ではプラスとマイナスを示す人の割合はほぼ同率であるが、ハイヒール歩行ではプラスを示す人が多く、片足支持期でも踵をつけてしっかり支持するのでなく、やや爪先立っているのではないだろうか。マークの軌跡をみると、ハイヒール歩行では膝が最高点に達するまでの時間が短いだけでなく、裸足歩行に比べて高く上がり、最高点以降は裸足歩行よりも早く接地しており、接地による片足の支持時間が長い様子をわかる。ずっと高く上げ、すぐに降ろして支持するというイメージであり、時間の経過で描く膝の軌跡のパターンは、裸足歩行に比べて、ハイヒール歩行は画一的ではないかと思われる。一方、裸足歩行の時間経過に伴う膝の軌跡のパターンには個人差が大きかった。

表2 歩行の所要時間－ハイヒールと裸足の比較－

(秒)

	ハイヒール		検定	裸足	
	平均	標準偏差		平均	標準偏差
スタートから最高点まで	0.41	0.08	n.s.	0.48	0.06
スタートから最終点まで	1.03	0.10	n.s.	1.00	0.10

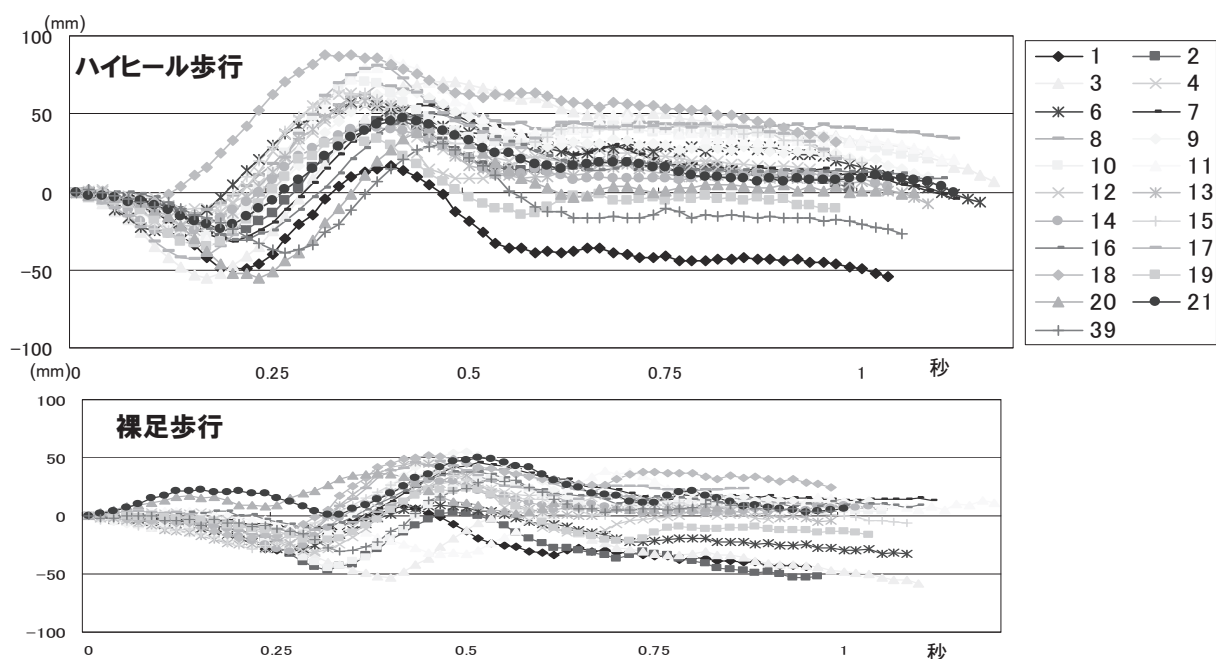


図11 膝蓋骨側面点（④）のZ座標（上下方向）の経時変化

## 6) 質問紙調査によるハイヒール歩行の特徴と三次元動作解析との関連性

学生のハイヒール歩行に関する質問紙調査の中で、美しくない歩行は膝が曲がっている、猫背、体が左右に揺れるなどがあげられていた。猫背で膝が曲がっているという観察について、三次元解析ではそれをどのように説明できるだろうか。猫背というのは最高点での空間角度がハイヒール歩行はやや前傾姿勢であることから説明ができる。膝が曲がっているという観察については、膝の最高点では膝の曲がり具合はむしろ裸足歩行の方が曲がっているといえるものの、その後の動作でハイヒール歩行は足首をやや上向きにして床に平行に靴を置きに行くようにしてつま先から着地し、つま先立って支持するというこの繰り返しが膝を曲げたままでの連続歩行のように観察されるのではないだろうか。質問紙調査からわかった美しい歩容の要件は、背筋を伸ばし、膝を曲げたままにしないで、着地から蹴り出しまでにしっかり膝を伸ばすというメリハリのある、しかも左右にぶれない歩行ということになる。

今回は膝の空間角度の最高点以降の経時変化を捉えた検討を行わなかったために、片足支持期間中の様子はわからなかった。体が左右に揺れるのはピンヒールの着地に安定性がなく、また、足のあおりに代わる体のひねりが左右のゆれとなって観察されるのであろう。人の観察を三次元で数量的に説明するためには、今回のような最高点とか最終点のような時間を止めた捉え方だけでなく、より詳細な時間を追っての解析が必要となろう。特に反対側の足を上げている支持期間について、各マーカーのXYZ座標値だけでなく空間角度の経時変化を観察する必要がある。今後はこの点に留意して三次元動作解析研究を進めていきたい。

## まとめ

ハイヒール歩行の不都合な点や問題点などについて、女子大学生の意識調査で明らかにするとともに、ハイヒール歩行と裸足歩行を映像で捉えて三次元解析することによって、裸足歩行との比較の上で、ハイヒール歩行の特徴を明らかにすることを目的とした。質問紙調査の対象者は本学女子学生176人、歩行動作実験の被験者は20歳代の本学女子学生と女性職員の45人で、調査及び実験は2008年7月～9月に行った。主な結果は以下のとおりである。

1) ハイヒールを履いた場合の気分は「気分が引き締まる」が多かった。履く人と履かない人の違いは、「普段と変わらない」、「格好良くなった気分」、「いい女になった気分」にみられ、これらのハイヒールを履く効果は、普段履いている人がより強く感じていることがわかった。ハイヒールの問題点は、足の「痛み」や「靴擦れ」で多くの人が経験していた。また、「踵が脱げる」、「足をくじく」なども挙げられた。履いているときに気をつける点は、「溝にはまらない」、「転ばないように」、「階段で足元に気をつける」であり、安全に留意していた。また、「膝をまげて歩かない」、「背筋を伸ばす」、「真っ直ぐに歩く」など美しい歩容を意識していた。美しい歩容ではないのは、「膝が曲がっている」、「猫背になっている」、「体が左右に揺れる」などの姿勢の問題と、「ヒールが磨り減っている」、「踵が脱げる」などの靴の問題と、「服と合っていない」というトータルコーディネートの問題が挙げられた。

2) 三次元動作解析で、左右の動きを見ると次のようなことがわかった。すなわち、スタートから右膝が最高点に達するまでに、頭部と上半身は左側に振れ、足部全体は、裸足歩行では右側に振れて外に蹴りだすのに対して、ハイヒール歩行ではスタートと同時に膝を上げ、足部を外に蹴り出すことなく、ほぼそのまま着地するということがわかった。ハイヒール歩行では裸足歩行のようないわゆるあおり歩行ができていないといえる。

3) 裸足歩行はハイヒール歩行に比べて一步の歩幅が広く所要時間も短いのに対して、ハイヒール歩行は

歩幅が狭く所要時間がやや長い傾向であった。

4) ハイヒール歩行は裸足歩行より膝を高く上げているものの、踵を後に蹴り上げずに、靴を床面とほぼ平行に置きに行くような歩行をしていることがわかった。

5) 各マークを結んでできる空間角度でみると、裸足歩行とハイヒール歩行の違いは腰と膝の曲がり具合に表れるということがわかった。

6) 膝の動きについて裸足歩行とハイヒール歩行を一步分の所要時間でみると、ハイヒール歩行は最高点に達するまでに膝を早く高く上げ、最高点以降は早く接地しており、接地による片足の支持時間が長いといえる。ずっと高く上げ、すぐに降ろして支持するというイメージであり、時間経過で描く膝の軌跡のパターンは、裸足に比べて、画一的な傾向であった。一方、裸足歩行の膝の軌跡には個人差が大きいことがわかった。

## 引用文献

- 1) 田村照子. 衣環境の科学. 建帛社, 2004, 167p., p.114-118. ISBN4-7679-1047-1
- 2) 倉秀治, 石井清一. 靴医学診療マニュアル ハイヒール靴と足の障害. Orthopaedics. 1994, 7 (12), p.13-18.
- 3) 石井照子. 厚底靴の危険性. 日本家政学会誌. 1999, 50(8), p.871-875.
- 4) 土肥麻佐子, 持丸正明, 河内まき子. 若年女子の靴への意識と靴の履き心地—高齢者との比較—. 感性工学研究. 2006, 6(2), p.53-58.
- 5) 川端博子, 松尾久美子. ミュールによる歩行への影響. 埼玉大学紀要. 2007, 56, p.103-112.
- 6) 塩田徹, 森尻強, 佐藤幹夫. 女子大学生における姿勢矯正の意識と姿勢変化の関連性について. 作新学院大学紀要, 2006, 16, p.91-103.
- 7) 野澤美奈子. 靴の違いによる三次元的解析. 和洋女子大学家政学部生活環境学科卒業論文. 2006.
- 8) 加来礼子. 靴の違いによる三次元的解析. 和洋女子大学家政学部生活環境学科卒業論文. 2007.
- 9) 川端博子, 鎌田紗矢子. ハイヒール靴による階段昇降への影響. 埼玉大学紀要 教育学部. 2010, 50(1), p.179-188.
- 10) (社)人間生活工学研究センター. 日本人の人体計測データ. (社)人間生活工学研究センター. 1997. p. 529, p. 143, p. 513-523.

布施谷節子（和洋女子大学生生活科学系教授）

柴田 優子（和洋女子大学生生活科学系非常勤講師）

（2011年9月20日受付）